

## **Eltérő ozmotikus stressztoleranciájú burgonya szülő és nemesítési vonalak primer és szekunder gumóinak tesztelése izolált és fóliasátras termesztési közegben**

<sup>1</sup>HANÁSZ ALEXANDRA – <sup>2</sup>DOBRÁNSZKI JUDIT – <sup>1</sup>ZSOMBIK LÁSZLÓ

Debreceni Egyetem

<sup>1</sup>AKIT Nyíregyházi Kutatóintézet, Nyíregyháza

<sup>2</sup>MÉK Agrár Genomikai és Biotechnológiai Központ, Nyíregyháza

### **Összefoglalás**

Korunk talán egyik legmeghatározóbb problémája a növekvő népesség élelmiszer ellátásának biztosítása. A mai modern növénytermesztés a kockázati tényezők minimalizálását és a siker maximalizálását tartja szem előtt. Kísérletünkben olyan ismert ozmotikus stressztűréssel rendelkező burgonya szülő vonalakat (C103, C107) és nemesítési vonalakat (C11, C20) vizsgáltunk, melyek korábbi ismereteink alapján értékes nemesítési alanyai lehetnek a jelenlegi és jövőbeni kutatásainknak egyaránt. *In vitro* mikroszaporítással létrehozott hajtástenyészetekből primer gumót állítottunk elő izolált körülmények között, majd a betakarított primer gumók fóliasátorban nevelkedtek tovább normál (T<sub>1</sub>: 25 cm, F<sub>1</sub>: 20–45 mm) és sűrített (T<sub>2</sub>: 15 cm, F<sub>2</sub>: -19 mm) tőtávolság és frakciócsoport szerint ültetve. Vizsgáltuk a gumóhozamban történő változásokat, valamint a tőszámsűrítés befolyásoló szerepét mind a betakarított gumók mennyiségében, mind frakciók közötti eloszlásban. A szekunder gumó esetében megfigyeltük a kelés dinamikáját, a lombmagasság és friss lombtömeg értékeit betakarítás előtt, a friss levelek klorofill-a, -b és összes-klorofill tartalmát, valamint a klorofill-fluoreszcencia Fv/Fm értékeit a szülőpárnál. Az anyatövenként mért gumóhozam primer gumóknál kisebb tőtávnál minden esetben kevesebb volt, és a szekunder gumóknál T<sub>2</sub> tőtávolságnál is körülbelül felére csökkent. Az állománysűrítés hatására betakarított primer gumók mennyiségében szignifikánsan eltérő eredményeket a vizsgált genotípusok közül három (C103, C107, C20), a szekunder gumók vizsgálatokor két (C103, C20) genotípusnál kaptunk. A frakció eloszlást a primer gumók számában a tőszámsűrítés C103 (2. frakció), C20 (3. frakció)

genotípusoknál pozitívan befolyásolta, míg C107 (3. frakció) és C11 (3. frakció) genotípusoknál enyhe csökkenést tapasztaltunk. A vizsgált szekunder gumók kelési dinamikája nagymértékben függött a genotípusra jellemző adottságoktól, azonban a tőszámsűrítés és frakcionálás is döntően befolyásoló szereppel bírt. A kelés 50%-át legkorábban a C11, legkésőbb a C107 genotípusnál mértünk (43. és 79. DAP). A tőszám/frakciócsoport szerinti értékelésben az 50%-os kelési arányt és a kelés maximumát általánosan 4–11 nappal később érte el a sűrített növényállomány, mint a normál tőtávolságon neveltek. A lombmagasság, a friss lombtömeg, a klorofill-a, -b és összes-klorofill tartalom mérések adataiban genotípus és tőszám szerint a C103 és C20 genotípusok értékei az esetek többségében szignifikánsan magasabbak voltak, mint a másik két genotípus. Az állománysűrítés hatására az egységnyi területre jutó gumótömeg jelentősen mérséklődött a vizsgált szülő (C103, a: 371,97 g/m<sup>2</sup>; C107, bc: 61,73 g/m<sup>2</sup>) és nemesítési vonalaknál (C20, b: 97,28 g/m<sup>2</sup>; C11, c: 2,13 g/m<sup>2</sup>). A tőszám sűrítés és frakcionált ültetés a szekundergumók tömegében szignifikánsan csökkenő értékeket eredményezett a C103 és a C20 genotípusok esetében, valamint a frakciók közötti eloszlás vizsgálatokor is ennél a két genotípusnál mértünk statisztikailag mérhető eltérést. Eredményeink jó alapot biztosítanak a vizsgálatba vont burgonya genotípusok fejlődési folyamatainak megismeréséhez és a jelen kor szélsőséges időjárási körülményeihez alkalmazkodó nemesítési vonalak létrehozásához, azok sajátos adottságaihoz alkalmazandó termesztéstechnológiai, illetve vetőmagelőállítási módszerek kidolgozásához.

**Kulcsszavak:** állománysűrűség, fotoszintézis, gumóméret, minigumó, *Solanum tuberosum* L.

## Testing of primary and secondary tubers of potato parent and breeding lines with different osmotic stress tolerance in an isolated and greenhouse cropping system

<sup>1</sup>A. HANÁSZ - <sup>2</sup>J. DOBRÁNSZKI - <sup>1</sup>L. ZSOMBIK

University of Debrecen

<sup>1</sup>IAREF Research Institute of Nyíregyháza, Nyíregyháza

<sup>2</sup>FAFSEM Centre for Agricultural Genomics and Biotechnology, Nyíregyháza

### Summary

Probably one of the most defining problems of our time is providing food for the growing population of the earth. The aim of today's modern plant cultivation is to minimize risk factors and maximize the possibility of success. In our experiment, we examined potato parent lines (C103, C107) and their breeding lines (C11, C20) with known osmotic stress tolerance, which, based on our previous knowledge, could be valuable breeding subjects for both our current and future research. Primary tubers were made from shoot cultures produced by *in vitro* micropropagation under isolated conditions, then the harvested primary tubers were planted in green house at two different plant distance and fraction group (normal: T<sub>1</sub>: 25 cm, F<sub>1</sub>: 20–45 mm and narrow: T<sub>2</sub>: 15 cm, F<sub>2</sub>: -19 mm). We examined the changes in the tuber yield, as well as the influencing role of plant distance both in the amount of harvested tubers and in the distribution between fractions. In the case of the secondary tuber, we observed the emergence dynamics, the leaf height and fresh leaf weight values before harvest, the chlorophyll-a, -b and total chlorophyll content of the fresh leaves, as well as the Fv/Fm values of the chlorophyll fluorescence in the parental pair. The tuber yield measured per plant was lower in all cases for primary tubers at narrower plant distance and for secondary tubers at T<sub>2</sub> plant distance was also reduced by about half. Significantly different results in the amount of primary tubers harvested as a result of narrower plant distances were obtained for three (C103, C107, C20) genotypes, and for two (C103, C20) genotypes when examining the secondary tubers. The fractional distribution in the number of primary tubers was positively influenced by plant distance in genotypes C103 (2<sup>nd</sup> fraction), C20 (3<sup>rd</sup> fraction), while C107 (3<sup>rd</sup> fraction) and C11 (3<sup>rd</sup> fraction) genotypes showed a slightly decrease. The emergence dynamics of the examined secondary tubers depended to a large extent on the

characteristics of the genotype, however, the plant distance and fractionation also had a decisive influence. 50% of emergence was measured at the earliest for the C11, the latest for the C107 genotype (DAP 43. and 79.). The plants growing in a narrower plant distance, the 50% emergence ratio and the maximum emergence were generally reached 4–11 days later than the plant grown under normal conditions. In the measurements of leaf height, fresh leaf weight, chlorophyll-a, -b and total chlorophyll content, according to genotype and plant number, the values of the C103 parent line and the C20 breeding line were in most cases significantly higher compared to the other two genotypes. As a result of the narrow number of plants, the tuber weight per unit area was significantly reduced in the observed parent (C103, a: 371.97 g/m<sup>2</sup>; C107, bc: 61.73 g/m<sup>2</sup>) and breeding lines (C20, b: 97.28 g/m<sup>2</sup>; C11, c: 2.13 g/m<sup>2</sup>). The higher number of seedlings and fractional planting resulted in significantly lower values in the weight of secondary tubers for genotypes C103 and C20, and when examining the distribution between fractions, we measured a statistically measurable difference for these two genotypes as well. Our results provide a good basis for learning the development processes of the potato genotypes included in the study and for the creation of breeding lines adapted to the extreme weather conditions of today, for the development of cultivation technology and seed production methods applicable to their specific characteristics.

**Keywords:** stocking density, photosynthesis, tuber size, minituber, *Solanum tuberosum* L.

### Bevezetés

Az *in vitro* növényzaporítási technikák segítik az egészséges, kórokozómentes burgonya szaporítóanyag előállítását (Struik és Wiersema 1999). Hajtástenyészetek létrehozása egyrűgyes nóduszokból talán az egyik leggyakrabban használt *in vitro* szaporítási módszer (Roca et al. 1978, Veecken és Lommen 2009, Asakaviciute 2011). A szaporítás körülbelül négyhetes ciklusokban történik (Asakaviciute 2011, Milinkovic et al. 2012). Az *in vitro* szaporítással a morfológiai és biokémiai változás nem kimutatható mértékű, a merisztémákra alapozott mikroszaporítási módszerekkel létrehozott *in vitro* növények genetikailag stabilabbak, mint a más *in vitro* technikával előállítottak (Roca et al. 1978, Slack 1980). Rosenberg et al. (2007) kutatása is alátámasztotta ezt az állítást, azonban azt is megállapították, hogy a tesztelt

klónok között egyöntetűségben, virágzás intenzitásában, szár magasságában különbségek voltak. A mikrogumók és az *in vitro* növények általános alapanyagai a burgonyatermesztésnek. A minigumók az *in vitro* növények és mikrogumók első generációs gumói. A minigumó előállítása napjainkban izolált helyen történik: üvegházban, műanyag alagutakban, fóliasátrakban. A kiváló minőségű *in vitro* burgonya vetőgumó előállítás több évtizedes múltra tekint vissza (Pruski 2007). A szaporítási módon kívül, a minigumó mérettartománya is fontos tulajdonság, általánosan 5-25 mm közötti gumó méretet foglal magába (Struik és Wiersema 1999). A minigumó termesztést befolyásoló tényezők a minigumók száma *in vitro* növényenként, illetve egységnyi területre, az átlagos tömeg minigumónként, a minigumó hozam növényenként, illetve egységnyi területre (Lommen és Struik 1992). Az állománysűrűség növelésének hatása, a különböző termesztési közegek, műtrágyák is mind befolyásoló szereppel bíró növénytermesztési technikák. A gumó méretnek meghatározó szerepe van a növény dinamikus fejlődésében, hiszen az anyagumóban lévő tartalékok segítik azt (Wurr et al. 1993). A növényben lévő klorofillnak szerepe a növény fejlődésében, a benne zajló összetett biokémiai folyamatban, – mint a fotoszintézis – kulcsfontosságú. A klorofill-fluoreszcencia mérés kvantitatív értékelés, egy gyors és roncsolásmentes folyamat, mely alapvető információt ad a növény károsodottságáról, és már a látható tünetek megjelenése előtt kifejezhető a mérések által a szárazságra vagy valamilyen egyéb stresszorra való érzékenység/tolerancia. A szárazság hatására lassul a fotoszintézis sebessége, csökken a CO<sub>2</sub> koncentráció, a fotoszintézis aktivitás egyfajta indikátorként funkcionál (Schreiber et al. 1995, Mauromicale et al. 2006).

Kutatásunk során eltérő ozmotikus stressztoleranciával rendelkező, ismert tulajdonságú burgonya szülő vonalakat és azok keresztezéséből származó, előzőleg *in vitro* ozmotikus stressztűrési kísérletekben tesztelt nemesítési vonalakat használtunk fel. A minigumó és vetőgumó előállítás során a termesztést befolyásoló tényezők, mint az állománysűrítés és a frakcionált ültetés fiziológiai hatásait vizsgáltuk az egyes burgonya genotípusoknál.

### Anyag és módszer

A kísérlet *in vitro* és akklimatizálási szakaszát a Debreceni Egyetem MÉK Agrár Genomikai és Biotechnológiai Központ laboratóriumában, a fóliasátras

kísérletet a Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutatóintézetben végeztük. A kísérlet kiindulási anyagai burgonya (*Solanum tuberosum* L.) szülő vonalak (C103, C107) és nemesítési vonalaik (C11, C20) *in vitro* hajtástenyészetek. Korábbi, *in vitro* kísérleteink során burgonya hajtástenyészetek túlélése és egyszerű morfológiai paramétereinek változásai alapján következtettünk a genotípusok ozmotikus stressztoleranciájára. A kísérletben két különböző molekulatömegű PEG (Mv=600, Mv=6000) és D-mannitol ozmotikumok három koncentrációja került tesztelésre 27 burgonya nemesítési vonalon és két ismert szárazságtűrési tulajdonsággal rendelkező szülő vonalon (C103, C107). Az eredmények alapján kilenc kiváló ozmotikus stressztűréssel rendelkező genotípus, köztük a C11 nemesítési vonal került a további vizsgálatra alkalmas vonalak közé (Hanász et al. 2022). A C20 nemesítési vonal kiemelkedő túlélési aránya miatt került a kísérletbe.

A szülői vonalak közül a C103 szülő vonal középkorai éréscsoportba tartozó, kerek-ovális gumóalakú, vörös héjú, fehér húsú burgonya genotípus. A C107 szülő vonal késői érésű, hosszúkás gumóalakkal rendelkező, lilarózsaszín héjú és fehérhúsú genotípus, valamint mindkettő toleráns a *Phytophthora infestans* betegségre. A vizsgálatba vont nemesítési vonalak (C11, C20) a szülő vonalokból származó keresztezések (Hanász et al. 2022). A nemesítési vonalak *in vitro* kultúrába vitelének első lépése a gumóról leszedett hajtásrügyek felszíni sterilizálása volt, mely során először 12% Ca(OCl)<sub>2</sub> oldatban 5–8 percig kezeltük, majd steril desztillált vízzel való öblítés után 70% etanolban áztattuk a hajtásokat 30 másodpercig, és ismételt desztillált vízzel öblítettük három alkalommal. Ezután körülbelül 0,1–0,3 mm nagyságú merisztémát preparáltunk, majd indító táptalajra helyeztük (Dobránszki 2006). A burgonya *in vitro* tenyésztése során alkalmazott MS alapú táptalajok makro- és mikroelemeket, valamint vitaminokat, 3% szacharózt és 0,7% agar-agart tartalmaznak (Murashige és Skoog 1962). A táptalaj pH-t 5,7-re állítottuk be, autoklavozás előtt. A sterilizálás 121 °C-on, 105 Pa nyomáson ST-124/2 típusú autoklávban történt 30 percig. A merisztémáról történő indítás után 1–2 hónapon belül 7–8 leveles növények fejlődtek, melyek közül a vírusmentesnek bizonyuló vonalokból mikroszaporítással állítottuk elő a gyökeres hajtástenyészeteket a kísérletekhez. A mikroszaporítás során egyrügyes hajtásdarabkákat (nodális szegmenteket) helyeztünk a táptalajra (20 db explantátum/üveg). A tenyésztéshez 400 ml-es hengeres

alakú befőttesüvegeket használtunk, mely 50 ml táptalajt tartalmazott. A növényeket 16 órás megvilágításon, 22/15+2 °C nappal/éjszaka hőmérsékleti tartományon, 65  $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$  PPF fényerőn neveltük négy hétig. A kísérlethez legalább 10 darab tenyésztőüveggel állítottunk elő genotípusonként, azaz legalább 200 darab növényt. A négyhetes hajtástenyészetek akklimatizáló helyiségben nevelkedtek a következő 3 hónapban. A tápközeg általános virágföld volt. Az első hónapban 16 órás megvilágítás mellett, a második két hónapban 12 órás megvilágítás mellett fejlődtek a növények. A beállított hőmérséklet 21 °C, a relatív páratartalom 55%. A szükséges vízmennyiséget a növények heti két alkalommal kapták meg, ez alkalmanként 500 ml-t jelentett cserepenként (3 l űrtartalom). Genotípusonként 10 cseréppel, egyesével ültettünk, további 97 cseréppel kettesével ültettük ki a növényeket, összesen 428 cseréppel. Betakarítás előtt egy héttel eltávolítottuk a növények lombzatát. Betakarításkor az egyesével ültetett növényeket (10 darab/genotípus) külön takarítottuk be. A gumók számát felvételeztük, mind az egyesével, mind a kettesével ültetett növények esetében. A betakarítás után a gumókat klímakamrába (Memmert HPP 750) helyeztük 12 °C hőmérsékletre a nyugalmi időszak idejére, 60 napra. Azonban ez az idő genotípusonként eltérő lehet, nem volt ismeretünk ezzel kapcsolatban a vizsgált genotípusoknál. A dormancia megtörésére gibberellinsavas kezelést (5 mg/l) alkalmaztunk a minigumókon (Coleman és Coleman 2000, Sasani et al. 2009). A primer gumók fóliasátorba történő ültetésére 2020. július 27-én került sor. A genotípusokat 18 ismétlésben, két különböző tőtávolsággal (25 cm - T<sub>1</sub> és 15 cm - T<sub>2</sub>), két különböző frakciócsoportra bontva (20–45 mm - F<sup>1</sup> és -19 mm - F<sub>2</sub>), F<sub>1</sub>-t T<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>-t T<sub>2</sub> tőtávolsággal ültetve, 3 × 0,75 m parcellákba, randomizált blokk elrendezésben, esőztető öntözéssel (DAP (Day After Planting) 79-ig 5 l/m<sup>2</sup>/nap, DAP 79. és 93. között 2,5 l/m<sup>2</sup>/nap intenzitással) ellátva ültettük. Az ültetéstől a lomblevágásig terjedő időszakban a hőmérséklet<sub>átlag</sub> 18,7 °C, a hőmérséklet<sub>minimum</sub> 13,6 °C, a hőmérséklet<sub>maximum</sub> 24,5 °C, a relatív páratartalom<sub>átlag</sub> 90,2% volt. Megfigyeltük a kelés dinamikáját genotípus és frakciócsoport szerint, felvételeztük a növénymagasságot és lombtömeget, a betakarítás előtt fluoreszcencia mérést végeztünk a C103 és C107 szülő vonalakon, vizsgáltuk az összes-klorofill, klorofill-a és klorofill-b tartalmat spektrofotometriás méréssel, valamint a gumófrakciók eloszlását, és a

betakarított gumók tömegét felmértük parcellánként genotípus és tőssűrűség szerint.

1. ábra. *Fiatal burgonya in vitro* hajtástenyészet (Nyíregyháza)

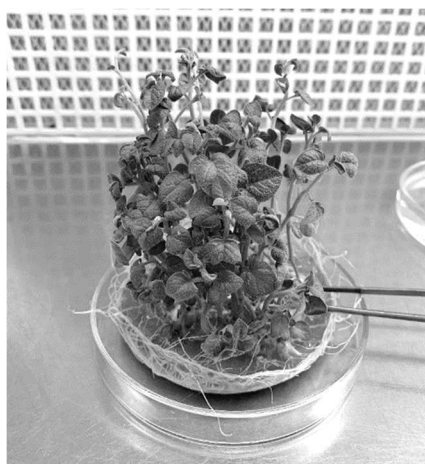


Figure 1. Young potato *in vitro* shoot culture (Nyíregyháza)

#### *Klorofiltartalom mérése levélzeten*

A klorofill-a, -b, és összes-klorofill tartalom meghatározása *Felföldy* (1987) által közölt spektrofotometriás módszer szerint történt. Genotípus és T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> állomány szerint négy ismétlésben vételeztünk 500 mg friss levélaprítékot. Az izolátumokat felhasználásig -80 °C-on ultramélyhűtőben tároltuk. A friss növényi apríték mechanikai roncsolása MgO és kvarchomok felhasználásával történt, majd oldószer használatával 653, 666, és 750 nanométer (A<sub>653, 666, 750</sub>) fényhullámhosszon vizsgáltuk az oldatok abszorbanciáját Jenway 6705 spektrofotométerrel. A számítás során mind a 653, mint a 666 nanométeren mért abszorbanciából levonásra került a 750 nanométeren mért érték, ami a zavarosságot jelenti az oldatban. Az értékek számítása a következő (*Felföldy* 1987) módszer szerint történt:

- chl a = 17,12 A<sub>666</sub> - 8,68 A<sub>653</sub>
- chl b = 32,23 A<sub>653</sub> - 14,55 A<sub>666</sub>
- chl a + chl b = 2,57 A<sub>666</sub> + 23,6 A<sub>653</sub>

A mértékegység µg/1 g levél friss tömeg (FW).

*Klorofill-fluoreszcencia mérése levélzetten*

A méréseket OS5p modulált fluoriméter műszerrel (Opti-Sciences, USA) végeztük, C103 és C107 genotípusokon T<sub>1</sub> és T<sub>2</sub> tőtávolságnál, négy ismétlésben. Mérésenként, illetve növényenként egy darab teljesen kifejlett levél került mintavételezésre. Takaró klipszek segítségével 30 perc sötétben tartás után mértük a fluoriméter szoftverének protokollja szerint az Fv/Fm arányt (a PSII reakciócenter potenciális quantum hatásfok), mely az elnyelt energia hasznosítási hatásfokát mutatja. Nincs mértékegysége, más hatásfok-paraméterhez hasonlóan.

A statisztikai értékeléshez SPSS for Windows 22.0 programcsomagot, a statisztikailag szignifikáns csoportok megállapításához LSD és Tukey-b tesztet alkalmaztunk, az ábrák szerkesztése MS Excel™ 2016 segítségével történt.

**Eredmények**

A Tukey-b és LSD teszt alapján a betakarított primer gumó termés (*1. táblázat*) vizsgálatakor a különböző genotípusok között szignifikánsan eltérő értékeket kaptunk. A legmagasabb értéket a C107<sup>Normál</sup> jelű genotípus (a) és C20<sup>Normál</sup> (ab, -8,7%) esetében, a legalacsonyabb értéket C11<sup>Normál</sup> jelű burgonya genotípusnál (c, -43,5%) kaptuk. A tőszámsűrités szignifikánsan befolyásolta a betakarított primer gumók mennyiségét a C103 (d, -32,7%), C107 (bc, -27,5%) szülő vonalak és C20 (bc, -17,5%) nemesítési vonal esetében. A C11 nemesítési vonalnál nem találtunk szignifikáns eltérést. A sűritett állományt tekintve azonban minden esetben alacsonyabb volt az anyatövenként mért gumószám.

A tőszámsűrités szignifikánsan befolyásolta a betakarított szekunder gumók mennyiségét a C103 (B, -52,8%) és C20 (C, -71,4%) jelű genotípus esetében. Nem volt szignifikáns eltérés a C107 és C11 jelű nemesítési vonalak gumószámai között. Sűritett állománynál minden genotípusnál alacsonyabb értékeket (körülbelül 50%-kal) kaptunk a normál tőtávolságon nevelt állományban mért gumók számához képest.

1. táblázat. *Tőszámsűrítés hatása az gumóhozamra különböző tőtávolságú állományban*

Genotípus (3)	Primer gumó (1)		Szekunder gumó (2)	
	Tőtávolság (4)		Tőtávolság/Frakciócsoport (5)	
	Normál (T <sub>1</sub> )	Sűrített (T <sub>2</sub> )	T <sub>1</sub> /F <sub>1</sub>	T <sub>2</sub> /F <sub>2</sub>
	C103	5,2 bc	3,5 d	7,2 A
C107	6,9 a	5 bc	2,1 D	1,1 D
C11	3,9 c	4 c	0,7 EF	0,2 F
C20	6,3 ab	5,2 bc	5,9 AB	2,1 C

Megjegyzés: a táblázatban szereplő kisbetűk a primer-, a nagybetűk a szekunder gumókból betakarított termés statisztikailag eltérő értékeit jelölik genotípusok és kezelések között ( $p < 0,05$ ). Növények közötti távolság: normál (1 gumó/cserép), keskeny (2 gumó/cserép), (5) Növények közötti távolság/gumófrakció csoport, T<sub>1</sub>/F<sub>1</sub> (25 cm/20-45 mm) és T<sub>2</sub>/F<sub>2</sub> (15 cm/-19 mm). Mértékegység: db/növény.

*Table 1.* The effect of changes in the number of seedlings in different plant distances on tuber yield per plant. (1) Primary tuber, (2) Secondary tuber, (3) Genotype, (4) Plant distance: normal (1 tuber/pot), narrow (2 tuber/pot), (5) Plant distance/tuber fraction group, T<sub>1</sub>/F<sub>1</sub> (25 cm/20-45 mm) and T<sub>2</sub>/F<sub>2</sub> (15 cm/-19 mm), Note: lowercase and uppercase letters in the table indicate statistically different values of the yield harvested from primary and secondary tubers between genotype and treatments ( $p < 0.05$ ). Unit: number/plant.

A frakcióeloszlást tekintve (*2. táblázat*) a primer gumók számában (%<sub>db</sub>) a genotípusok között a C103 és a C20 genotípusoknál sűrített állományban a normál állományhoz képest magasabb értéket kaptunk (C103, 2. frakció: +14%; C20, 3. frakció: +44%), míg C107 (3. frakció: -10%) és C11 (3. frakció: -3%) genotípusok esetében enyhe csökkenést tapasztaltunk. A tömeg alapján (%<sub>m</sub>) a C107 (3. frakció: -21%), C11 (3. frakció: -17%) genotípusoknál a tőszámsűrítés hatására csökkent a többségében előforduló frakciótömege, de az arányok eltolódtak a nagyobb frakcióméret (2. frakció) felé. A C20 nemesítési vonal esetében is igaz ez az állítás azzal a különbséggel, hogy itt a legmagasabb arányban előforduló frakció megmaradt a sűrített állományban is, csak magasabb százalékban (3. frakció: +17%).

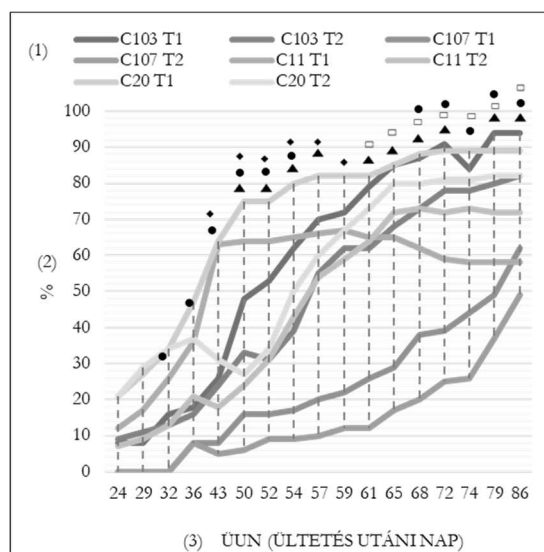
2. táblázat. A különböző tőtávolságokon nevelt *in vitro* növények primer gumóinak frakcióeloszlása szám és tömeg szerint

Primer gumó (1)								
Genotípus <sub>(Normál tőtávolság)</sub> (2)								
	C103		C107		C11		C20	
Méret (mm) (4)	% <sub>db</sub> (5)	% <sub>m</sub> (6)	% <sub>db</sub> (5)	% <sub>m</sub> (6)	% <sub>db</sub> (5)	% <sub>m</sub> (6)	% <sub>db</sub> (5)	% <sub>m</sub> (6)
Vető (36-45) (7)	0	0	0	0	0	0	0	0
1. fr. (25-35) (8)	16	43	0	0	0	0	2	8
2. fr. (20-24) (9)	28	32	14	26	11	18	0	0
3. fr. (15-19) (10)	34	20	65	67	62	71	29	50
4. fr. (10-14) (11)	20	4	17	7	24	11	52	38
5. fr. (-10) (12)	2	1	3	2	3	0	21	4
Genotípus <sub>(Sűrített tőtávolság)</sub> (3)								
	C103		C107		C11		C20	
Méret (mm) (4)	% <sub>db</sub> (5)	% <sub>m</sub> (6)	% <sub>db</sub> (5)	% <sub>m</sub> (6)	% <sub>db</sub> (5)	% <sub>m</sub> (6)	% <sub>db</sub> (5)	% <sub>m</sub> (6)
Vető (36-45) (7)	2	0	0	0	0	0	0	0
1. fr. (25-35) (8)	8	43,1	1	2	1	2	1	3
2. fr. (20-24) (9)	42	32,4	26	47	23	39	11	26
3. fr. (15-19) (10)	23	20,2	55	46	59	54	73	67
4. fr. (10-14) (11)	18	4,2	14	4	14	5	11	3
5. fr. (-10) (12)	8	0,1	5	1	3	0	3	0

Table 2. Fractional distribution of primary tubers of *in vitro* plants grown at different plant distances by number and weight. (1) Primary tuber, (2) Genotype (normal plant distance), (3) Genotype (Narrow plant distance), (4) Size (mm), (5) Number, (6) Weight, (7) Seed potato, (8) fraction (25-35), (9) fraction (20-24), (10) fraction (15-19), (11) fraction (10-14), (12) fraction (-10)

A vizsgált burgonya genotípusok kelési dinamikáját az 2. ábra foglalja össze. A szülőpár C103 és C107 jelű genotípusok és hibridjeik C11 és C20 jelű genotípusok esetében a két különböző tőtávolság ( $T_1$  és  $T_2$ ) és frakciócsoport ( $F_1$  és  $F_2$ ) között. A minigumók esetében az 50%-os kelési arány már megfelelőnek mondható, így ezt a támpontot vettem figyelembe a kelés időpontjának meghatározásánál.

2. ábra. Az egyes genotípusok kelési dinamikája frakciócsoport és tőtávolság szerint



Megjegyzés: az ábrán szereplő szimbólumok (▲ jelöli a C103, □ jelöli a C107, ● jelöli a C11, ◆ jelöli a C20) mutatják mely genotípusok esetében mértünk szignifikáns eltéréseket adott megfigyelési napon a különböző tőtávolságra ültetett növényeknél ( $p < 0,05$ ).

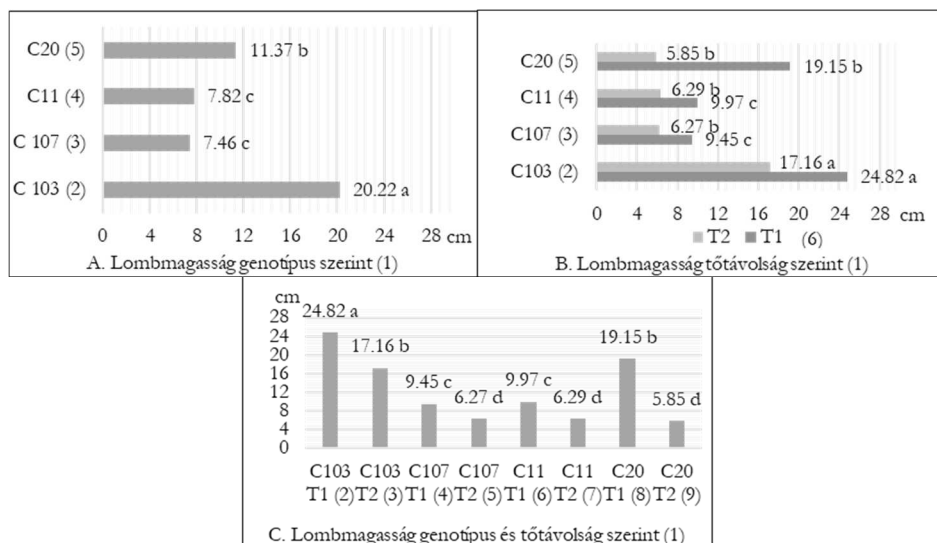
Figure 2. Emergence dynamics of each genotype according to fraction group and plant distance. (1) Genotype and plant distance, (2) Unit, (3) DAP (Day After Planting), Note: symbols (▲ marks C103, □ marks C107, ● marks C11, ◆ marks C20) in the figure indicate statistically different values ( $p < 0.05$ ) at each observation times and each genotypes at different plant distances.

A C103 jelű genotípust (2. ábra) 17 megfigyelési időpontban vizsgáltuk. T<sub>1</sub> tőtávolságnál F<sub>1</sub> frakciócsoportnál az ültetéstől számított (ÜUN, ültetés utáni napok száma, továbbiakban DAP) 24–43. napig nem volt szignifikáns különbség a megfigyelési adatok között. Az 50–54. napig elérte a megfigyelt növényállomány a kelés 50%-át. Az 57–65. napig átmeneti szignifikancia csoportokat kaptunk. A 68–86. napig az állomány elérte a maximum kelési teljesítményt. A két meghatározó időpont tehát az ültetéstől számított 52. nap (T<sub>1</sub>) és az 57. nap (T<sub>2</sub>), itt érte el a kelési arány az 50%-ot, illetve a 79. nap (T<sub>1</sub>) és a 86. nap (T<sub>2</sub>), amikor a maximum értéket kaptuk. A C107 jelű genotípus az 50%-os kelési arányt T<sub>1</sub> tőtávolságnál F<sub>1</sub> frakciócsoportnál az ültetéstől

számított 79. napon érte el, míg a T<sub>2</sub> tőtávnál és F<sub>2</sub> frakciócsoportnál ez az időpont a 86. napra esik. A kelés maximum szintjét T<sub>1</sub> és T<sub>2</sub> tőtávolságnál is a 86. napon érte el a vizsgált genotípus. A 2. ábrán feltüntetett adott genotípusra vonatkozó adatok alapján az egyes megfigyelési időpontok eredményei között szignifikánsan eltérő értékeket kaptunk. A 17 megfigyelési időpont szerint T<sub>1</sub> tőszám és F<sub>1</sub> frakciócsoport esetében hat szignifikánsan eltérő csoportot, T<sub>2</sub> tőszám és F<sub>2</sub> frakciócsoport esetében öt szignifikánsan eltérő csoportot, valamint átmeneti csoportokat különböztethetünk meg. A C11 jelű genotípus (2. ábra C.) az 50%-os kelési arányt T<sub>1</sub> tőtávolságnál F<sub>1</sub> frakciócsoportnál a keléstől számított 43. napon érte el, míg a T<sub>2</sub> tőtávolságnál és F<sub>2</sub> frakciócsoportnál ez az időpont az 57. megfigyelési napra esik. A kelés maximum szintjét T<sub>1</sub> tőtávolságnál az 59. napon, T<sub>2</sub> tőtávolságnál a 68. napon érte el a vizsgált genotípus. Az ábrán feltüntetett adott genotípusra vonatkozó adatok alapján az egyes megfigyelési időpontok eredményei között szignifikánsan eltérő értékeket kaptunk. A 17 megfigyelési időpont szerint T<sub>1</sub> tőtávolság és F<sub>1</sub> frakciócsoport esetében három szignifikánsan eltérő csoportot, T<sub>2</sub> tőtávolság és F<sub>2</sub> frakciócsoport esetében hat szignifikánsan eltérő csoportot, valamint átmeneti csoportokat különböztethetünk meg. A C20 jelű genotípus az 50%-os kelési arányt T<sub>1</sub> tőtávolságnál F<sub>1</sub> frakciócsoportnál a keléstől számított 43. napon érte el, míg a T<sub>2</sub> tőtávolságnál és F<sub>2</sub> frakciócsoportnál ez az időpont 54. megfigyelési napra esik. A kelés maximum szintjét T<sub>1</sub> tőtávolságnál a 72. napon, T<sub>2</sub> tőtávolságnál a 79. napon érte el a vizsgált genotípus.

A 3. ábra a genotípusok lombtalanítás előtti lombmagasságát (A, B, C) foglalja össze T<sub>1</sub>/F<sub>1</sub> és T<sub>2</sub>/F<sub>2</sub> tőtávolság/frakció csoport figyelembevételével. Általánosan genotípusok szerint (3A. ábra) statisztikailag szignifikánsan eltérő értékeket kaptunk, három csoport jött létre (C103, a; C20, b, -43,7%; C11, c, -61,3%; C107, c, -63,1%). Tőtávolságok szerint vizsgálva az adatokat az egyes genotípusokra vonatkozóan (3B. ábra) T<sub>1</sub> tőtávolság esetén három szignifikánsan eltérő csoportot tudunk elkülöníteni, a sorrend nem változott az előzőhöz képest. T<sub>2</sub> tőtávolságnál két szignifikánsan különböző csoport alakult (C103, a; C11, b, -63,3%; C107, b, -63,5%; C20, b, -66%). A genotípusok és a tőtávolságok figyelembevételével (3C. ábra) négy szignifikánsan eltérő csoport jött létre (C103<sub>T1</sub>, a; C20<sub>T1</sub>, b, -22,8%; C103<sub>T2</sub>, b, -30,1%; C11<sub>T1</sub>, c, -59,8%; C11<sub>T2</sub>, d, -75%; C20<sub>T2</sub>, d, -76,3%).

3. ábra. Burgonya genotípusok betakarítás előtti lombmagassága (A, B, C) (A) genotípusok (B) tőtávolságok és (C) genotípusok és tőtávolságok szerint

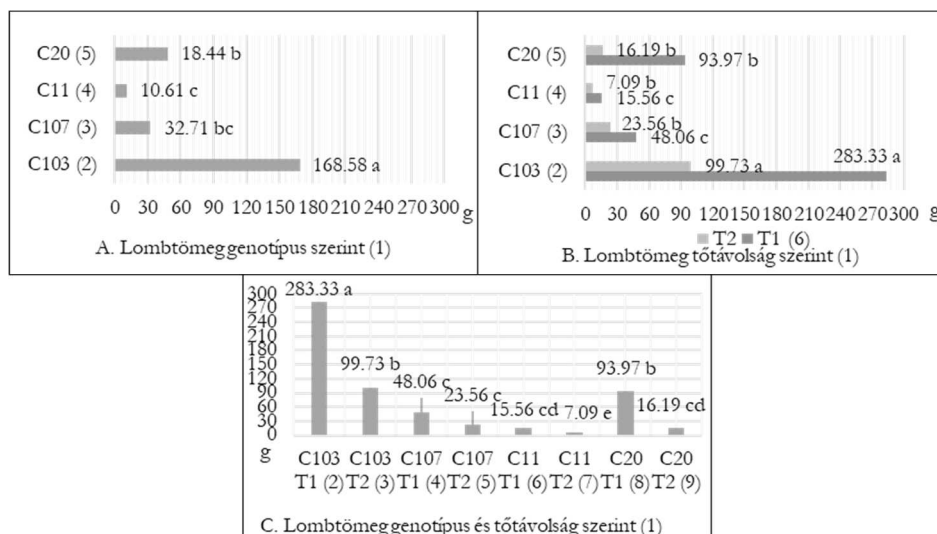


Megjegyzés: az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik ( $p < 0.05$ ).

Figure 3. Plant height of potato genotypes before harvest (A, B, C) according to (A) genotypes (B) plant distance and (C) genotypes and plant distance. (1A) Canopy height by genotype, (1B) Canopy height by plant distance, (1C) Canopy height by genotype and plant distance, A. and B. (2–5) genotypes, B. (6) T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> plant distance, C. (2, 4, 6, 8) plants with T<sub>1</sub> plant distance (3, 5, 7, 9) plants with T<sub>2</sub> plant distance, Note: lower case letters in the figure indicate statistically different values ( $p < 0.05$ ).

A lombtömeg eredményeiben általánosan genotípusok szerint (4A. ábra) statisztikailag szignifikáns eltéréseket kaptunk, három szignifikánsan eltérő csoport jött létre (C103, a; C20, b, -71,3%; C107, bc, -80,6%; C11, c, -93,7%). A tőtávolságok szerint (4B. ábra) T<sub>1</sub> tőtávolság esetén három szignifikánsan eltérő csoport jött létre, a sorrend nem változott az előzőhöz képest. T<sub>2</sub> tőtávnál két szignifikánsan különböző csoport alakult (C103, a; C107, b, -83,8%; C20, b, -83,8%; C11, b, -92,9%). A genotípusokat és frakciócsoportokat figyelembe véve (4C. ábra) öt szignifikánsan eltérő csoport alakult (C103<sub>T1</sub>, a; C103<sub>T2</sub>, b, -64,8%; C20<sub>T1</sub>, b, -66,8%; C107<sub>T1</sub>, c, -83%; C107<sub>T2</sub>, c, -91,7%; C20<sub>T2</sub>, cd, -94,3%; C11<sub>T1</sub>, cd, -94,5%, C11<sub>T2</sub>, e, -97,5%).

4. ábra. Burgonya genotípusok betakarítás előtti lombtömege a különböző (A) genotípusok (B) tőtávolságok, (C) genotípusok és tőtávolságok szerint



Megjegyzés: az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik ( $p < 0,05$ ).

Figure 4. Plant weight of potato genotypes before harvest (A, B, C) according to (A) genotypes, (B) plant distance and (C) genotypes and plant distance, (1A) Canopy mass by genotype, (1B) Canopy mass by plant distance, (1C) Canopy mass by genotype and plant distance, A. and B. (2-5) genotypes, B. (6) T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> plant distance, C. (2, 4, 6, 8) plants with T<sub>1</sub> plant distance (3, 5, 7, 9) plants with T<sub>2</sub> plant distance, Note: lowercase letters in the figure indicate statistically different values ( $p < 0,05$ ).

A T<sub>1</sub> tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében a klorofill-a tartalom (3. táblázat) statisztikai értékelésekor két szignifikánsan eltérő csoportot (C20, a; C103, a, -3,7%; C11, c, -59,3%) és egy átmeneti csoportot (C107, ab, -8,6%) tudunk elkülöníteni. A T<sub>2</sub> tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében három szignifikánsan eltérő csoportot kaptunk (C103, a; C107, -15,4%; C20, b, -16,6%; C11, d, -73%). A T<sub>1</sub> tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében a klorofill-b tartalom mérésekor a statisztikai értékelés során két szignifikánsan eltérő csoportot (C20, a; C11, b, -40%) és ezek átmeneti csoportját (C103 és C107, ab, -16,6%) kaptuk. A T<sub>2</sub> tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében egy szignifikánsan eltérő csoport (C11, a; és C20, a, -9,7%) valamint

egy átmeneti csoportot (C103, ab, -16,1%; C107 ab, -29%) kaptunk. A T<sub>1</sub> tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében az összes-klorofill tartalom mérésekor a statisztikai értékelés során két szignifikánsan eltérő csoport (C20, a és C11, d, -33,7%) és két átmeneti csoportot (C103, ab, -7% és C107, abc, -11,6%) kaptunk. A T<sub>2</sub> tőtávolságra ültetett burgonya nemesítési vonalak esetében két átmeneti csoportot (C103, ab; C20, bc, 10,5%) és két egymástól szignifikánsan eltérő csoportot (C107, c, -15,4%; C11, d, -50%) kaptunk.

3. táblázat. *Klorofill-a, klorofill-b, összes-klorofill tartalom normál (T<sub>1</sub>) és sűrített (T<sub>2</sub>) tőtávolságnál*

Genotípus (2)	T <sub>1</sub> tőtávolság			T <sub>2</sub> tőtávolság		
	(1)			(1)		
	Klorofill-a tartalom (3)	Klorofill-b tartalom (4)	Összes- klorofill tartalom (5)	Klorofill-a tartalom (3)	Klorofill-b tartalom (4)	Összes- klorofill tartalom (5)
C103	0,78 a	0,25 ab	1,04 ab	0,78 a	0,26 ab	1,04 ab
C107	0,74 ab	0,25 ab	0,99 abc	0,66 b	0,22 ab	0,88 c
C11	0,33 c	0,18 b	0,52 d	0,21 d	0,31 a	0,52 d
C20	0,81 a	0,3 a	1,12 a	0,65 b	0,28 a	0,93 bc

Megjegyzés: az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik a különböző genotípusok és paraméterek szerint ( $p < 0,05$ ). Mértékegység:  $\mu\text{g}/1\text{ g}$  friss tömeg (FT).

*Table 3.* Chlorophyll-a, chlorophyll-b and total chlorophyll content at normal (T<sub>1</sub>) and narrow (T<sub>2</sub>) plant distance. (1) plant distance, (2) Genotype, (3) Chlorophyll-a content, (4) Chlorophyll-b content, (5) Total chlorophyll content, Note: lower case letters in the figure indicate statistically different values according to the different genotypes and parameters. Unit:  $\mu\text{g}$  per 1 g fresh weight (FW).

A klorofill-fluoreszcencia (Fv/Fm) mérés eredményeit a 4. táblázat foglalja össze. A statisztikai értékelés során szignifikánsan eltérő csoportok (C103<sub>T1</sub>, a; C107<sub>T2</sub>, b, -7,4%), valamint egy átmeneti csoport (C107<sub>T1</sub> és C103<sub>T2</sub>, ab, -2,5%) jött létre.

4. táblázat. Klorofill-fluoreszcencia mérés eredményei

Genotípus (1)	Fv/Fm <sub>T1</sub> (2)	Fv/Fm <sub>T2</sub> (3)
C103	0,81 a	0,79 ab
C107	0,79 ab	0,75 b

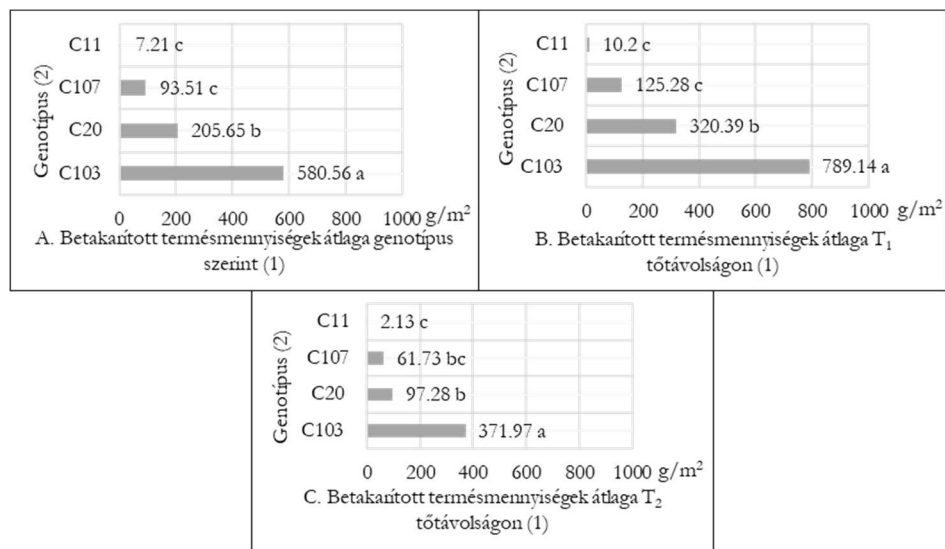
Megjegyzés: Az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik ( $p < 0,05$ ).

*Table 4.* Chlorophyll fluorescence measurements results. (1) Genotype, (2) Fv/Fm value at T<sub>1</sub> plant distance, (3) Fv/Fm value at T<sub>2</sub> plant distance, Note: lower case letters in the figure indicate statistically different values ( $p < 0.05$ ).

A 5. ábra a betakarított gumók átlagos tömegét mutatja be genotípus (A) és tőtávolság szerint (B, C). A vizsgált burgonya szülő vonalak közül a C103 (a) esetében mértük a legmagasabb gumótömeget, míg a C107 (c, -83,9%) genotípusnál ennek a hatodát sem érte el az egységnyi területre jutó gumók tömege (5A. ábra). A nemesítési vonalak közül C20 (b, -64,6%) esetében magasabb, C11 (c, -98,8%) genotípusnál alacsonyabb gumótömeget mértünk. Az állománysűrítés (5C. ábra) hatása a genotípusok statisztikai sorrendjén a C107 genotípus esetében változtatott, valamint az egységnyi területre jutó gumótömeg jelentősen mérséklődött a vizsgált szülő és nemesítési vonalaknál.

Az 5. táblázat a gumó frakciók közötti eloszlást mutatja be a négy vizsgált burgonya genotípusnál. A C103 szülő vonal frakció eloszlására jellemző, hogy legnagyobb számban az 1. frakció (a-c), az 5. frakció (a-d, -3,9%), a 4. frakció (a-d, -4,7%) és a 2. frakció (a-e, -8,8%), míg kisebb mértékben a vető (a-e, -23,6%), a 3. frakció (a-e, -34,1%), és az étkezési (b-e, -50,3%) méretek vannak jelen a 25 centiméteres (T<sub>1</sub>) távolságra ültetett állományban. Tehát jellemzően kisebb mérettartomány, azonban a többi genotípushoz képest több gumószám figyelhető meg. A tőszámsűrítés szignifikáns eltérést csak a 4. frakció (a, +41,5%) esetében okozott. Az 5. frakció a vető és étkezési méret esetében csökkent ugyan az egységnyi területre jutó gumószám, de nem tértek el szignifikánsan az eredmények. A C107 szülő vonal betakarított termését tekintve legnagyobb számban az 5. frakció (b-e) és a 2. frakció (b-e, -30%), kisebb számban az 1. frakció (c-e, -36,9%), a 3. és 4. frakció (c-e, -38,8%) és a vető (c-e, -48,8%) méret van jelen.

5. ábra. Burgonya genotípusok termésmennyiségének átlaga  
(A) genotípus, (B)  $T_1$  tőtávolság, (C)  $T_2$  tőtávolság szerint



Megjegyzés: az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik ( $p < 0.05$ ).

Figure 5. The average yield of potato genotypes according to (A) genotype, (B)  $T_1$  plant distance, (C)  $T_2$  plant distance. (1A) Average harvested yield by genotype, (1B) Average harvested yield at plant distance  $T_1$ , (1C) Average harvested yield at plant distance  $T_2$ , (2) Genotype, Note: lowercase letters in the figure indicate statistically different values ( $p < 0.05$ ).

A tőszámsűrítésnek nem volt statisztikailag mérhető hatása egyik mérettartományban sem, azonban enyhe növekedés volt jellemző a 4. frakcióban és csökkenés volt tapasztalható a 2. frakció, 1. frakció és vető mérettartományoknál. A C103 és C107 szülő vonalak között az összes mérettartományban és tőszámsűrűségben szignifikáns, statisztikailag kimutatható különbség van, C103 szülő vonal egységre jutó termését tekintve minden tartományban megelőzi C107 genotípust. A C11 nemesítési vonalnál jellemzően kevés egységre jutó termést mértünk. A legnagyobb arányban a 4. frakció (b-e) van jelen, majd követi a 2. frakció (c-e, -24,5%), a 3. frakció (c-e, -33,2%) és az 5. frakció (c-e, -36,8%).

5. táblázat. *Frakció eloszlás az egyes genotípusoknál T<sub>1</sub> és T<sub>2</sub> tőtávolság szerint*

Gumófrakció (mm) (3)	Genotípus T <sub>1</sub> (1)			
	C103	C107	C11	C20
Étkezési (46) (4)	3,29 b-e	0	0	0
Vető (36-45) (5)	5,06 a-e	1,64 c-e	0	2,98 b-e
1. frakció (25-35) (6)	6,62 a-c	2,02 c-e	0	6,4 a-d*
2. frakció (20-24) (7)	6,04 a-e	2,24 b-e	1,91 c-e	7,91 ab*
3. frakció (15-19) (8)	4,36 a-e	1,96 c-e	1,69 c-e	4,98 a-e
4. frakció (10-14) (9)	6,31 a-d *	1,96 c-e	2,53 b-e	5,96 a-e
5. frakció (-10) (10)	6,36 a-d	3,2 b-e	1,6 c-e	4,22 a-e
Gumófrakció (mm) (3)	Genotípus T <sub>2</sub> (2)			
	C103	C107	C11	C20
Étkezési (46) (4)	1,07 c-e	0	0	0
Vető (36-45) (5)	3,38 b-e	0,58 e	0	0
1. frakció (25-35) (6)	5,82 a-e	0,98 de	0	1,6 cde*
2. frakció (20-24) (7)	5,91 a-e	1,38 c-e	0	3,64 a-e*
3. frakció (15-19) (8)	4,58 a-e	1,87 c-e	0	3,56 a-e
4. frakció (10-14) (9)	8,93 a*	2,48 b-e	1,33 c-e	5,78 a-e
5. frakció (-10) (10)	4,93 a-e	3,24 b-e	0,76 de	4,18 a-e

Megjegyzés: az ábrán szereplő kisbetűk a statisztikailag eltérő értékeket jelölik a különböző genotípusok szerint T<sub>1</sub> és T<sub>2</sub> tőtávolságnál. A \* a különböző tőtávolságon nevelt azonos burgonya genotípusok közötti szignifikáns különbséget jelzi (p<0,05). Mértékegység: db/m<sup>2</sup>.

*Table 5.* Fraction distribution for each genotype according to T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub> plant distance. (1) Genotypes at T<sub>1</sub> plant distance, (2) Genotypes at T<sub>2</sub> plant distance, (3) Tuber fraction, (4) table potatoes, (5) seed potatoes, (6) fraction (25-35), (7) fraction (20-24), (8) fraction (15-19), (9) fraction (10-14), (10) fraction (-10), Note: lower case letters in the figure indicate statistically different values according to different genotypes at T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub> plant distance. The \* indicates a significant difference between the same potato genotypes grown at different plant distance (p<0.05). Unit: number per m<sup>2</sup>.

A tőszámsűrítés hatására redukálódott az egységre jutó termés mennyisége, illetve a különböző frakciótartományok is ritkultak, a 4. frakció és 5. frakció mérettartomány volt jellemző. A C11 nemesítési vonal betakarított gumóit összehasonlítva a szülő vonalakkal, statisztikai eltérést a

C103 szülő vonallal összehasonlítva találunk a legtöbb mérettartományban, ahol minden gumó méretnél a C103 genotípusnál mértünk magasabb termésmennyiséget. A C20 nemesítési vonalnál a legnagyobb számban a 2. frakció (ab), majd az 1. frakció (a-d, -19,1%), a 4. frakció (a-e, -24,7%), a 3. frakció (a-e, -37%), az 5. frakció (a-e, 46,7%), valamint legkisebb mértékben a vető (b-e, -62,3%) méret volt jelen. A nemesítési vonalra a tőszámsűrítés az 1. és 2. frakció esetében az egységnyi területre jutó betakarított termés mennyiségére vonatkozóan szignifikánsan kisebb értékeket eredményezett, valamint a többi mérettartományban a statisztikai értékelés során nem kimutatható mértékű csökkenés volt tapasztalható. A C20 nemesítési vonal és a C103, C107, C11 genotípusok betakarított termésmennyiségeit összehasonlítva a legtöbb mérettartománynál szignifikánsan eltértek egymástól a nemesítési és szülő vonalak.

### Következtetések

A gumószám a legfontosabb paraméter, amivel a minigumó termesztés volumenét jellemezni tudjuk (Ahloowalia 1994). Kísérletünkben a betakarított primer gumók mennyiségében szignifikánsan eltérő eredményeket kaptunk. A tőszámváltozás szignifikánsan befolyásolta a gumók mennyiségét a vizsgált genotípusok közül háromnál (C103, C107, C20), azonban minden esetben kevesebb volt a növényenként mért átlag a nagyobb állománysűrűségnél. A tőszámváltozás a minigumó hozam esetében csökkenti a betakarított minigumók számát és az átlagos minigumó számot, de az egységnyi területre eső gumószám emelkedik (Veeken és Lommen 2009). A betakarított szekunder gumók mennyiségi adatait tekintve szignifikáns eltérés csak C103 és C20 nemesítési vonalak esetében volt. A nagyobb tőszámsűrűségű parcelláknál ( $T_2$ ) minden genotípusnál körülbelül 50%-kal alacsonyabb értékeket mértünk, mint a normál ( $T_1$ ) tőszámsűrűségű állományban. Santos és Rodriguez (2008) *in vitro* burgonya hajtástenyészetek mikrogumóit ültették ki szabadföldbe 20, 25, 30, 35, 40 cm tőtávolságra és a gumóhozamokat hasonlították össze. A tőtávolság befolyásolta a minigumó tömegét, számát hektáronként és növényenként. Az eredmények azt mutatták, hogy a 20 és 25 cm közötti tőtávolságok voltak a legmegfelelőbbek. A gumó méreteloszlásra (frakcióeloszlás) a legelterjedtebb megközelítés a százaléokban történő meghatározás, mind a gumószámra, mind a tömegére vonatkozóan (Georgakis et al. 1997, Fulladolsa et al. 2018). A

primer gumóknál az állománysűrűség növekedése a többségben előforduló frakció mennyiségét tekintve a C103 és a C20 genotípusoknál magasabb értéket kaptunk, míg C107 és C11 vonalak esetében enyhe csökkenést tapasztaltunk, valamint csökkent a többségben előforduló frakció tömege, míg az arányok eltolódtak a nagyobb frakcióméret felé. A szülő és nemesítési vonalak kelési dinamikája igen változatos képet mutatott. A kelés 50%-át legkorábban - a 43. napon - C11, legkésőbb - a 79. napon - C107 genotípusnál mértük.  $T_1/F_1$  és  $T_2/F_2$  tőtávolság és frakciócsoport adatait összevetve az 50%-os kelési arányt általában 5-11, a kelés maximumát is szinte minden genotípusnál 4-11 nappal később érték el a sűrített tőtávolságon nevelt kisebb frakciócsoport ( $T_2$ ,  $F_2$ ) növényei. A minigumó előállítás ciklusideje átlagosan 100 nap, de nem ritka a 70-121 napos intervallum sem (Roy et al. 1994, Otrushy 2006). A növénymagasság és lombtömeg adataiban szignifikáns különbségek voltak a genotípusok között. A C103 szülő vonalnál és a C20 nemesítési vonalnál kiemelkedő értékeket mértünk minden vizsgált szempont szerint. A klorofill-a, -b és összes-klorofill tartalom vizsgálat adataiból a statisztikai értékelés során a C103 és C20 burgonya vonalak értékei szignifikánsan magasabbak voltak a többi vizsgált genotípus eredményeihez hasonlítva. A klorofill fluoreszcencia  $F_v/F_m$  értékeken sűrítés hatása statisztikailag szignifikáns különbséget mértünk a szülő vonalaknál, de a C103 genotípus mindkét esetben megelőzte a C107 genotípus értékeit. Bolhár-Nordenkampff et al. (1989) és Triques et al. (1997) szerint a szántóföldi növényfajok többsége 0,79 és 0,84 közötti értéket mutat optimális körülmények között. Eszerint a kísérlet során a C107<sub>T2</sub> genotípus esetében mértünk az optimálistól kissé eltérő értéket, amely valamilyen stresszhatásra, feltehetően a hőstresszre utal. Seveda és Mahmood (2014) tanulmánya különböző burgonyafajták minigumó termelését vizsgálja mikrogumóból különböző ültetőközegben. A tanulmányban növénymagasságot, levélszámot, szárátmérőt, levélfelület nagyságot, illetve klorofilltartalmat vizsgáltak. A legmagasabb növényeket a Sante burgonya fajtánál tőzegmoha: zeolit 1:1 arányánál figyelték meg. A legtöbb levelet növényenként a Spirit, Agria fajtánál felvételezték. Ezen kívül a különböző ültetőközegeknél a legnagyobb és legkisebb értéket is a tőzegmoha:zeolit 1:1 arányánál kapták. Vizsgálatainkban a betakarított szekunder burgonyagumók tömegeinek értékelésekor a genotípusok közötti szignifikáns eltérések mellett a tőszám

sűrítés a C103 szülő vonal és a C20 nemesítési vonal esetében okozott szignifikánsan csökkenő eredményeket. A gumó frakciók közötti eloszlás értékelésekor szintén ez a két genotípus emelhető ki, hiszen statisztikailag különböző értékeket kaptunk a két vizsgált tőtávolságra ültetett növények frakciói között. A burgonya genotípusok vizsgálati eredményeiből arra következtethetünk, hogy a tőtávolság befolyásoló hatása nem elhanyagolható, azonban az anyagumó mérettartománya is igen meghatározó szereppel bír a sikeres vetőgumó előállítás során, valamint a genotípus sajátos jellemzői is befolyásolják azt. A szűkebb tőtávolságra ültetett, kisebb frakció tartományba sorolható gumók hozama lényegesen alul marad a normál távolságon, nagyobb frakció méretű gumókból nevelt növények terméséhez képest. A kutatási eredmények alapján a vizsgált szülő vonalak és nemesítési vonalak közül a C103, C107 és C20 genotípusok további vizsgálatait javasoljuk normál, 25 cm-es tőtávolságon a termesztéstechnológiai és vetőgumó előállítási módszer kidolgozásához.

#### IRODALOM

- Ahloowalia, B. S.: 1994. Production and performance of potato mini-tubers. *Euphytica*. 75. 3: 163–172. DOI: 10.1007/BF00025600
- Asakaviciute, R.: 2011. Meristem culture for potato seed production in Lithuania. [In: Kuusiene et al. (eds.) *Advances in plant biotechnology in Baltic sea region.*] Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry. Kaunas. Lithuanian. 65–67.
- Björkman, O.–Demmig, B.: 1987. Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta*. 170. 4: 489–504. DOI: 10.1007/BF00402983
- Bolhàr-Nordenkamp, H. R.–Long, S. P.–Baker, N. R.–Öquist, G.–Schreiber, U.–Lechner, E. G.: 1989. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. *Functional Ecology*. 3. 4: 497–514. DOI: 10.2307/2389624
- Coleman, W. K.–Coleman, S. E.: 2000. Modification of potato microtuber dormancy during induction and growth *in vitro* or *ex vitro*. *American Journal of Potato Research*. 77: 103–110. DOI: 10.1007/BF02853737
- Dobránszki J.: 2006. A biotechnológia alkalmazási lehetőségei a modern mezőgazdaságban. [In: Varga (szerk.) *Versenyképes növénytermesztés I., Tantárgyi segédlet.*] NYF MMFK. ROP-3.3.1.-05/1.-2005-08-005/37 P. 123–155.

- Felföldy, L.: 1987. Biological water qualification. Water Management Institute. 190.
- Fulladolsa, A. C.–LaPlant, K. E.–Groves, R. L.–Charkowski, A. O.: 2018. Potato plants grown from minitubers are delayed in maturity and lower in yield, but are not at a higher risk of potato virus Y infection than plants grown from conventional seed. American Journal of Potato Research. 95. 1: 45–53. DOI: 10.1007/s12230-017-9613-1
- Georgakis, D. N.–Karafyllidis, D. I.–Stavropoulos, N. I.–Nianiou, E. X.–Vezyroglou, I. A.: 1997. Effect of planting density and size of potato seed-minitubers on the size of the produced potato seed tubers. Acta Horticulturae. 462: 935–942. DOI: 10.17660/ActaHortic.1997.462.149
- Hanász, A.–Dobránszki, J.–Mendler-Drienyovszki, N.–Zsombik, L.–Magyar-Tábori, K.: 2022. Responses of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Breeding Lines to Osmotic Stress Induced in *in vitro* Shoot Culture. Horticulturae. 8: 591. DOI: 10.3390/horticulturae8070591
- Lommen, W. J. M.–Struik, P. C.: 1992. Production of potato minitubers by repeated harvesting: Effects of crop husbandry on yield parameters. Potato Research. 35. 4: 419–432. DOI: 10.1007/BF02357598
- Mauromicale, G.–Ierna, A.–Marchese, M.: 2006. Chlorophyll fluorescence and chlorophyll content in field-grown potato as affected by nitrogen supply, genotype, and plant age. Photosynthetica 44: 76–82. DOI: 10.1007/s11099-005-0161-4
- Milinkovic, M.–Horstra, C. B.–Rodoni, B. C.–Nicolas, M. E.: 2012. Effects of age and pretreatment of tissue cultured potato plants on subsequent minituber production. Potato Research. 55. 1: 15–25.
- Murashige, T.–Skoog, F.: 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum. 15: 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
- Otroshy, M.: 2006. Utilization of tissue culture techniques in a seed potato tuber production scheme. PhD Thesis. Wageningen University. Wageningen. The Netherlands. 264.
- Pruski, K.: 2007. The canon of potato science: *in vitro* multiplication through nodal cuttings. Potato Research. 50. 3–4: 293–296. DOI: 10.1007/s11540-008-9050-0
- Roca, W. M.–Espinoza, N. O.–Roca, M. R.–Bryan, J. E.: 1978. A tissue culture method for the rapid propagation of potatoes. American Journal of Potato Research. 55: 691–701. DOI: 10.1007/BF02852143

- Rosenberg, V.–Särekanno, M.–Kotkas, K.–Vasar, V.–Ojarand, A.: 2007. Variation of agronomic traits of potato somaclones produced by meristem culture. *South African Journal of Plant and Soil*. 24. 2: 95–99. DOI: 10.1080/02571862.2007.10634788
- Roy, R. D.–Souza Machado, V.–Alam, S. M. M.–Ali, A.: 1994. Greenhouse production of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Désirée) seed tubers using *in vitro* plantlets and rooted cuttings in large propagation beds. *Potato Research*. 38. 1: 61–68.
- Santos, B. M.–Rodríguez, P. R.: 2008. Optimum In-row Distances for Potato Minituber Production. *Hort. Technology*. 18. 3: 403–406. DOI: 10.21273/HORTTECH.18.3.403
- Sasani, R.–Khazaei, H. R.–Nezami, A.: 2009. Effects of gibberellin, benzyl adenine, zeatin hormones and temperature on dormancy breaking of potato minituber (*Solanum tuberosum*). *Journal of Horticultural Science*. 23. 2: 61–67.
- Schreiber, U.–Hormann, H.–Neubauer, C.–Klughammer, C.: 1995. Assessment of photosystem II photochemical quantum yield by chlorophyll fluorescence quenching analysis. *Australian Journal of Plant Physiology*. 22. 2: 209–220. DOI: 10.1071/PP9950209
- Sevda, G. G.–Mahmood, R.: 2014. Effect of different planting beds on potato mini-tuber production from micro-tuber in greenhouse conditions. 4: 258–262. DOI: 10.12692/ijb/4.10.258-268.
- Slack, A. S.: 1980. Meristem tip Culture. *Plant Disease*. 64. 1: 15–17.
- Struik, P. C.–Wiersema, S. G.: 1999. Seed potato technology. Wageningen Academic Publishers Wageningen. The Netherlands. 382. DOI: 10.3920/978-90-8686-759-2
- Triques, K.–Rival, A.–Beulé, T.–Puard, M.–Roy, J.–Nato, A.: 1997. Photosynthetic ability of *in vitro* grown coconut (*Cocos nucifera* L.) plantlets derived from zygotic embryos. *Plant Science*. 127: 39–51.
- Veeken, A. J. H.–Lommen, W. J. M.: 2009. How planting density affects number and yield of potato minitubers in a commercial glasshouse production system. *Potato Research*. 52. 2: 105–119. DOI: 10.1007/s11540-008-9124-z
- Wurr, D. C. E.–Fellows, J. R.–Lynn, J. R.–Allen, E. J.: 1993. The impact of some agronomic factors on the variability of potato tuber size distribution. *Potato Research*. 36. 3: 237–245.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

\*Hanász Alexandra – Dr. Zsombik László  
Debreceni Egyetem AKIT  
Nyíregyházi Kutatóintézet  
Nyíregyháza  
Westsik Vilmos u. 4-6.  
H-4400  
\*hanasz.alexandra@agr.unideb.hu

Dr. Dobránszki Judit  
Debreceni Egyetem MÉK  
Agrár Genomikai és Biotechnológiai Központ  
Nyíregyháza  
Westsik Vilmos u. 4-6.  
H-4400

